

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 423 513 A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90118431.7

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01S 3/085**, **H01S 3/025**,  
**H01L 33/00**

22 Anmeldetag: 26.09.90

30 Priorität: 18.10.89 DE 3934748

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
24.04.91 Patentblatt 91/17

84 Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

71 Anmelder: **Standard Elektrik Lorenz  
Aktiengesellschaft**  
**Lorenzstrasse 10**  
**W-7000 Stuttgart 40(DE)**

84 DE

Anmelder: **ALCATEL N.V.**  
**Strawinskylaan 341 (World Trade Center)**  
**NL-1077 XX Amsterdam(NL)**

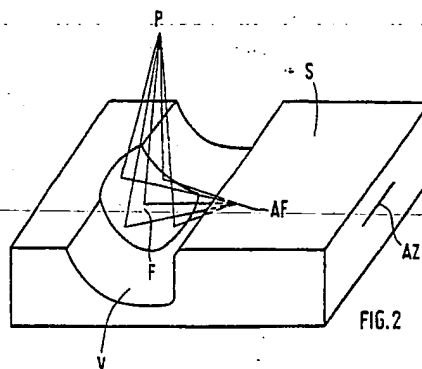
84 FR GB IT

72 Erfinder: **Dütting, Kaspar**  
**Mähdachstrasse 38**  
**W-7000 Stuttgart 31(DE)**  
Erfinder: **Wünstel, Klaus, Dr.**  
**Stiegelstrasse 18**  
**W-7141 Schwieberdingen(DE)**

74 Vertreter: **Pechhold, Eberhard, Dipl.-Phys. et  
al**  
**Standard Elektrik Lorenz AG Patent- und  
Lizenzwesen Postfach 30 09 29**  
**W-7000 Stuttgart 30(DE)**

54 **Laserwafer und Verfahren zu seiner Herstellung.**

57 Ein Laserwafer enthält eine dem Lasersystem (AF, AZ) gegenüber angeordnete, in den Wafer integrierte Facette (F) die als Hohlspiegel zur Fokussierung des aus dem Lasersystem austretenden divergierenden Lichtes dient. Die Facette (F) wird durch Herausätzen einer Vertiefung (V) in dem das Lasersystem enthaltenden Halbleitersubtrats (S) mittels eines Trockenätzverfahrens hergestellt. Eine zweidimensionale Krümmung der die Facette bildenden, dem Lasersystem gegenüberliegenden Wand der Vertiefung wird dadurch erreicht, daß die Krümmung in einer Dimension durch die Form der die Vertiefung begrenzenden Aussparung in einer die Substratoberfläche schützenden Photolackmaske vorgegeben, in der anderen Dimension durch schrägen Ioneneinfall beim Trockenätzen erreicht wird.



EP 0 423 513 A2

## LASERWAFER UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG

Die Erfindung betrifft einen Laserwafer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Aus einem Aufsatz von Z.L. Liao und J.N. Walpole in Appl. Phys. Lett. 46(2), 15. Jan. 1985 ist ein derartiges Laserwafer bekannt.

Bei diesem Laserwafer wird die Vertiefung im Halbleiter-Schichtpaket, die den senkrechten Lichtaustritt ermöglichen soll, durch stufenweises Herausätzen von Halbleitermaterial erzeugt. Sie hat die Gestalt eines Grabens, dessen vom Lasersystem abliegenden Wand in Ebenen senkrecht zur Grabenlängsrichtung gekrümmt ist, in Grabenlängsrichtung jedoch gerade verläuft. Diese eindimensional gekrümmte Wand ist nicht in der Lage, das in Grabenlängsrichtung divergierende Laserlicht zu fokussieren. Um das senkrecht zur Oberfläche des Halbleiter-Schichtpaketes austretende Laserlicht auf einen eng begrenzten Bereich, z.B. die Eintrittsfläche eines Lichtwellenleiters, fokussieren zu können, ist demnach ein weiteres optisches Bauelement erforderlich, welches gesondert hergestellt und, genau justiert, mit dem Laserwafer verbunden werden muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Laserwafer der o.g. Art zur Verfügung zu stellen, welcher alle zur Strahlfokussierung erforderlichen Mittel integriert enthält.

Ein solcher Laserwafer wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zu seiner Herstellung durch die Merkmale des Patentanspruchs 2 beschrieben.

Durch die zweidimensional gekrümmte, facettenartig ausgebildete vom Lasersystem abliegende Wandung der Vertiefung wird das vom Lasersystem abgegebene, zunächst divergierende Laserlicht sowohl in eine zu den Schichtebenen des Halbleiter-Schichtpaketes senkrechte Richtung umgelenkt als auch konzentrisch, zur Strahlmittellachse hin fokussiert, so daß das gesamte, durch die Facettenoberfläche umgelenkte Laserlicht innerhalb eines eng begrenzten Brennflecks eine zur Halbleiteroberfläche parallele Brennebene durchsetzt oder aber als weitgehend paralleler Lichtstrahl aus der im Halbleiter erzeugten Vertiefung austritt.

Das im Patentanspruch 2 beschriebene Verfahren ermöglicht die Herstellung der Facetten auf im Vergleich zu dem beim Stand der Technik verwendeten Stufenätzverfahren recht einfache Weise:

Während beim Stufenätzen den Ätzschritten Heizphasen folgen müssen, in denen die durch das Ätzen erzeugten Stufen durch Materialwanderung geschliffen werden, lassen sich bei dem im Patentanspruch 2 verwendeten Trockenätzverfahren die Facetten in einem Arbeitsgang herausarbeiten.

Anschließendes Bedampfen, wie es z.B. bei in den Unteransprüchen 3, 4 und 7 beschriebenen Ausgestaltungen erforderlich ist, läßt sich in derselben Trockenätzanlage oder Anlage, in der das Trockenätzen stattfindet, durchführen.

Weiterbildungen des Laserwafers nach der Erfindung sind in den Unteransprüchen 3 bis 6 angegeben:

Durch Verspiegelung der Facetten (Gegenstand des Anspruchs 3) wird eine möglichst vollständige Reflexion des erzeugten Laserlichts in eine zu den Schichtebenen des Halbleiters senkrechte Richtung erreicht.

Wird auf der dem Lasersystem gegenüberliegenden Seite der Vertiefung im Schichtpaket eine Monitordiode (Anspruch 3) erzeugt, was gleichzeitig mit der Herstellung des Lasersystems geschehen kann, so muß die Verspiegelung der Facette einen Teil des Laserlichtes durchlassen, was durch eine entsprechend dünne Verspiegelung, z.B. mittels einer Goldschicht, erreicht wird. Zusätzlich muß vor der Verspiegelung die Facettenoberfläche, z.B. durch eine SiO<sub>2</sub>-Schicht, gegen die metallische Verspiegelungsschicht isoliert werden, um einen Kurzschluß der aktiven Schichten der Monitordiode durch die elektrisch leitfähige Verspiegelung zu vermeiden.

Die Ansprüche 5 und 6 beziehen sich auf die Krümmung der Facettenoberfläche, die nach Anspruch 5 als Teil einer Paraboloidoberfläche, nach Anspruch 6 als Teil einer Ellipsoidoberfläche ausgestaltet sein kann. Wird die Facettenoberfläche so angeordnet, daß die Austrittsfläche des Lasersystems etwa im Brennpunkt des Paraboloids oder einem der Brennpunkte des Ellipsoids liegt, so gibt der Laserwafer bei paraboloidischer Facettenoberfläche etwa parallel gerichtete Licht, bei ellipsoidischer Facettenoberfläche auf einen Brennpunkt hin konvergierendes Licht ab.

Anspruch 7, schließlich, beschreibt das Verfahren nach Anspruch 2 für den Fall, daß, gemäß Anspruch 4, Monitordioden vorhanden sind.

Anhand von 5 Figuren sollen nun ein Ausführungsbeispiel des Laserwafers nach der Erfindung sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung eingehend beschrieben werden.

Es zeigen:

Fig. 1a und b einen Laserwafer nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 das Prinzip des Laserwafers nach der Erfindung,

Fig. 3 einen Halbleiter-Wafer mit Photolackmaske vor der Trockenätzung,

Fig. 4 ein Schema des Trockenätzvorganges,

Fig. 5 Schnitt durch einen Wafer mit Lasersy-

stem nach der Erfindung und integrierten Monitordioden.

In Fig. 1a ist ein Schnittbild eines Laserwafers nach dem Stand der Technik wiedergegeben. In ein Halbleiter-Schichtpaket (Substrat S), in dem im Bereich der Trennfläche von p-leitendem Halbleitermaterial p und n-leitendem Halbleitermaterial n ein Lasersystem L geschaffen ist, ist eine Vertiefung V eingätzt, deren laserseitige Wandung im wesentlichen senkrecht ausgebildet ist, und deren vom Lasersystem abliegende Wandung zum Lasersystem hin konkav gekrümmt ist und als Hohlspiegel SP wirkt, der den vom Laser ausgehenden divergierenden Lichtstrahl um  $90^\circ$  ablenkt und auf einen Brennpunkt B hin fokussiert.

In Fig. 1b, die das Substrat in räumlicher Sicht wiedergibt, ist erkennbar, daß die Krümmung der vom Lasersystem abliegenden Wandung der Vertiefung V nur in einer Dimension besteht, so daß der in Fig. 1a wiedergegebene, in einer Ebene senkrecht zur Längsachse der Vertiefung erscheinende Brennpunkt B bei Übergang zu räumlicher Betrachtung in eine Brennnlinie BL übergeht, eine Fokussierung des Laserlichts in einer Ebene parallel zur Längsachse der Vertiefung V mithin nicht stattfindet.

Beim Laserwafer nach der Erfindung, dessen Prinzip Fig. 2 wiedergibt, ist dagegen jeder Lichtaustrittsfläche AF der in aktiven Zonen AZ des Substrats S geschaffenen Lasersysteme eine zweidimensional gekrümmte Facette F in der dem Lasersystem gegenüberliegenden Wand der Vertiefung V zugeordnet. Das vom Lasersystem divergierend ausgestrahlte Laserlicht wird durch die Oberfläche der Facette F auf einen Brennpunkt P hin fokussiert. Die Brennfläche, durch die das gesamte, von der Oberfläche der Facette reflektierte Licht in der Umgebung des Brennpunkts P tritt, ist im günstigen Falle so klein, daß dort eine nahezu verlustfreie Einkopplung des Laserlichtes in einen Lichtwellenleiter ohne zusätzliche optische Bauelemente möglich ist. Hierzu muß die Facettenoberfläche Teil einer Ellipsoidfläche sein, in deren einem Brennpunkt die Austrittsfläche des Lasers angeordnet ist. Wird anstelle einer Ellipsoidfläche eine Paraboloidfläche geschaffen, so tritt das Laserlicht im wesentlichen parallel aus der Vertiefung V aus.

Um einen Laserwafer nach der Erfindung herzustellen, wird ein auf bekannte Art und Weise geschaffenes Substrat S mit in aktiven Zonen AZ angelegten Lasersystemen mit Photolack beschichtet und derart mit entsprechender Chrommaske belichtet, daß die in Fig. 3 wiedergegebene Struktur entsteht. In den die einzelnen Laserbereiche abdeckenden Photolackfeldern PH sind Aussparungen FA vorgesehen, die die Krümmungen der später einzuzätzenden Facetten in Ebenen parallel zur Längsachse der zwischen den Laserbereichen ent-

stehenden Vertiefungen bestimmen.

Zum Ätzen der Vertiefungen einschließlich der Facetten wird das mit der Photolackmaske versehene Substrat S in einer Reaktionskammer einem Ionenstrahl ausgesetzt, der aus einer Quelle Q (Fig. 4) stammt und die Substratoberfläche unter variierbarem Einfallswinkel trifft. Das Substrat ist, wie in Fig. 4 dargestellt, z.B. um die Oberflächennormale X drehbar und eine horizontale Achse Y schwenkbar angeordnet. Die Intensität und Zusammensetzung des Ionenstrahls sowie die Verweildauer des Substrates in zur Erzeugung einer gewünschten Facettenkrümmung günstigen Positionen sind während des Trockenätzprozesses ebenfalls variierbar.

Die Verspiegelung der Facettenoberfläche erfolgt im Anschluß an das Ätzen, z.B. in derselben Reaktionskammer. Ist eine der Verspiegelung unterlagerte Isolationsschicht erforderlich, um einen Kurzschluß einer dem Lasersystem gegenüberliegenden Monitordiode durch die Metallschicht des Spiegels zu vermeiden, so läßt sich auch die Isolierschicht (z.B.  $\text{SiO}_2$ ) im selben Reaktionsgefäß aufbringen.

In Fig. 5 ist ein Schnitt durch ein Substrat S, quer zur Längserstreckung der Vertiefungen V1, V2 wiedergegeben. Zwei Lasersysteme L1, L2 mit gegenüberliegenden Monitordioden M1, M2 geben ihr Licht jeweils in Richtung auf die als Facette ausgebildete Wand der zugeordneten Vertiefung aus. Die zweidimensional gekrümmten Facettenoberflächen tragen eine halbdurchlässige Spiegelschicht SP, die von einer Isolierschicht IS unterlagert ist. Entlang der Trennfläche TF wird das Substrat S nach Fertigstellung der Laserwafer gespalten.

## Ansprüche

1. Laserwafer mit mindestens einem in ein Halbleiter-Schichtpaket eingebetteten, parallel zu den Schichtebenen emittierenden Laser-System mit jeweils einer im Laserstrahl angeordneten, in das Schichtpaket eingätzten Vertiefung, deren zum Lasersystem hin gelegene Wandung größtenteils eben und senkrecht zum Laserstrahl orientiert ist und deren dem Lasersystem gegenüberliegende Wandung zum Laser hin konkav gekrümmt und derart gegen die Laserstrahlrichtung geneigt ist, daß der an der Oberfläche der Wandung reflektierte Teil des Laserlichts im Mittel senkrecht zu den Schichtebenen aus der Vertiefung austritt, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Lasersystem (L, L1, L2) abliegende Wandung der Vertiefung (V) zweidimensional gekrümmt ist und mindestens eine dem Lasersystem gegenüberliegende Facette (F) bildet, die als Hohlspiegel wirkt und als solcher den Laserstrahl fokussiert.
2. Verfahren zur Herstellung des Laserwafers nach

Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Aufbau des Halbleiter-Schichtpaketes (Substrat S) mit den in dieses eingebetteten Laser-Systemen (L1, L2) auf der Oberfläche des Schichtpaketes auf bekannte Art und Weise eine Photolackmaske (PH) erzeugt wird, welche an den Stellen, an denen Vertiefungen (V1, V2) in das Schichtpaket eingätzt werden sollen, Aussparungen (FA) enthält, deren vom Laser abliegender Rand, entsprechend der Krümmung der in der jeweiligen Vertiefung zu erzeugenden Facette (F), entlang der Oberfläche des Schichtpakets zum Laser hin konkav gekrümmt ist, daß danach das Schichtpaket im Bereich der zu erzeugenden Vertiefungen unter schrägem Ionen-einfall trocken geätzt wird, wobei der Einfallswinkel des Ionenstrahls während des Trockenätzens in zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen derart variiert wird, daß sich im Bereich der Aussparungen (FA) der Photolackmaske die gewünschten, zweidimensional gekrümmten Facettenoberflächen bilden.

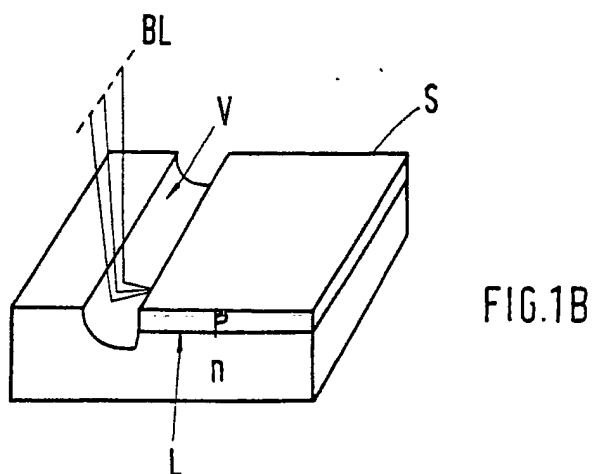
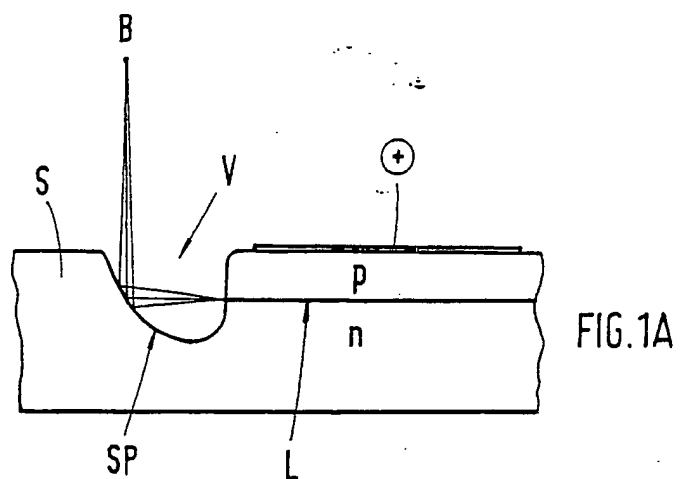
3. Laserwafer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (SP) der dem Lasersystem (L2) gegenüberliegenden Facette verspiegelt ist.

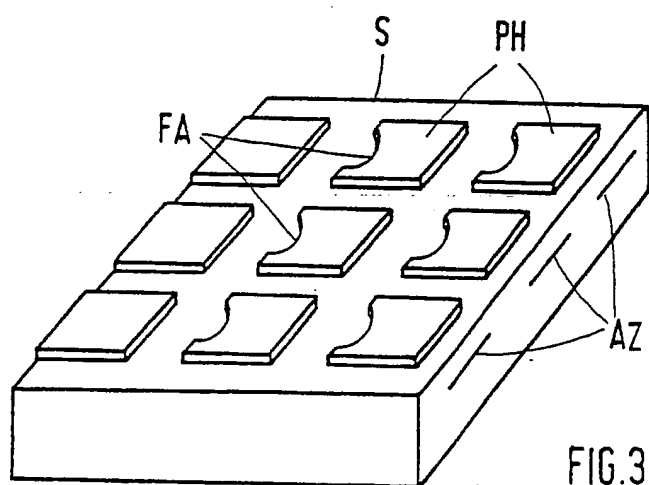
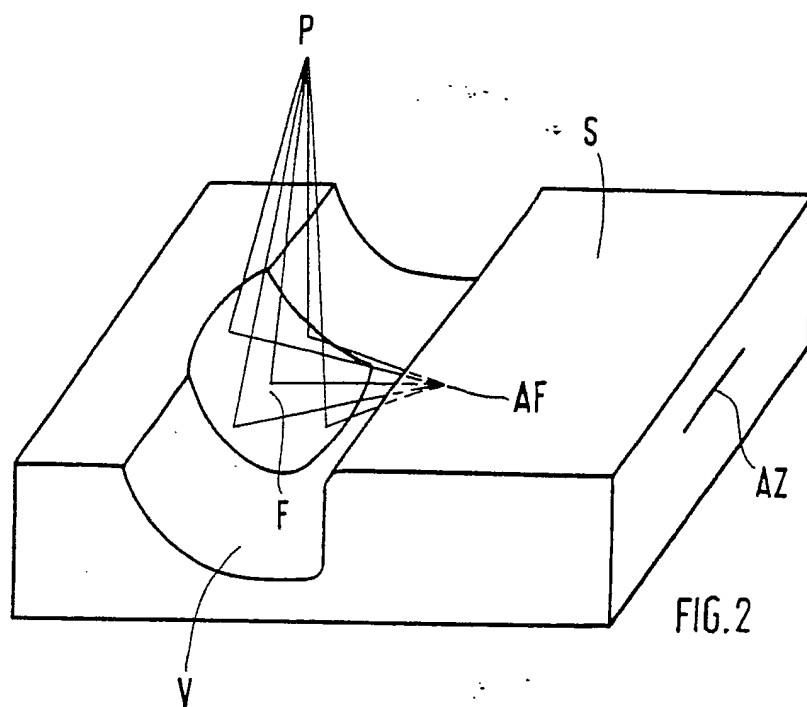
4. Laserwafer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf der dem Lasersystem (L2) gegenüberliegenden Seite der Vertiefung (V2) im Schichtpaket (Substrat S) eine Monitordiode (M2) ausgebildet ist, und daß die auf der dem Lasersystem gegenüberliegenden Facette aufgebrachte Verspiegelung (SP) teilweise lichtdurchlässig und durch eine unterlagerte Isolierschicht (IS) vom System der Monitordiode (M2) elektrisch getrennt ist, oder selbst ein Isolator ist.

5. Laserwafer nach Anspruch 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der dem Lasersystem gegenüberliegenden Facette Teil der Oberfläche eines Paraboloids ist, in dessen Brennpunkt die Austrittsfläche (AF) des Lasersystems angeordnet ist.

6. Laserwafer nach Anspruch 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der dem Lasersystem gegenüberliegenden Facette Teil der Oberfläche eines Ellipsoids ist, in dessen einem Brennpunkt die Austrittsfläche (AF) des Lasersystems angeordnet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Aufbau des Halbleiter-Schichtpaketes (Substrat S) mit den in dieses eingebetteten Lasersystemen (L1, L2) Monitordioden (M1, M2) erzeugt werden, die, den Lasersystemen gegenüberliegend, die Oberfläche eines Hohlspiegels aufweisen, und daß zur Erzeugung einer Teilverspiegelung vor dem Aufbringen einer teildurchlässigen Schicht eine elektrisch isolierende Schicht (IS) aufgebracht wird, sofern die teildurchlässige Schicht nicht selbst isolierend ist.





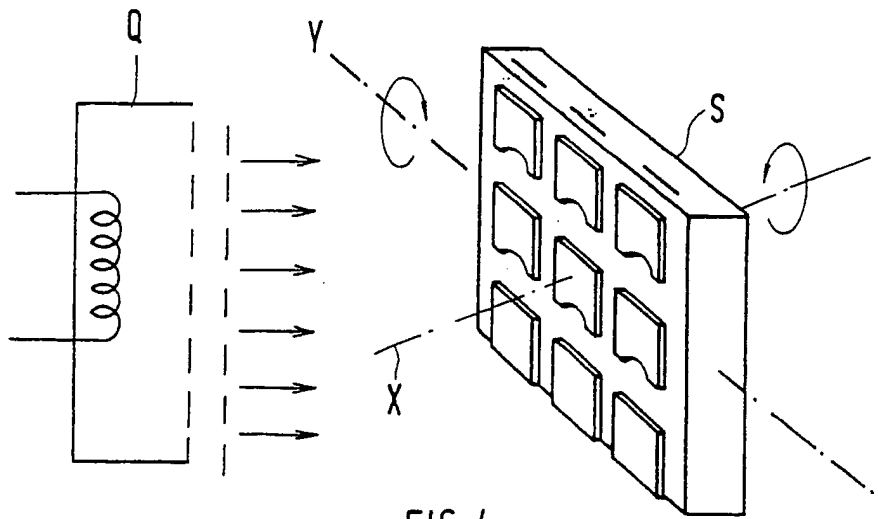


FIG. 4

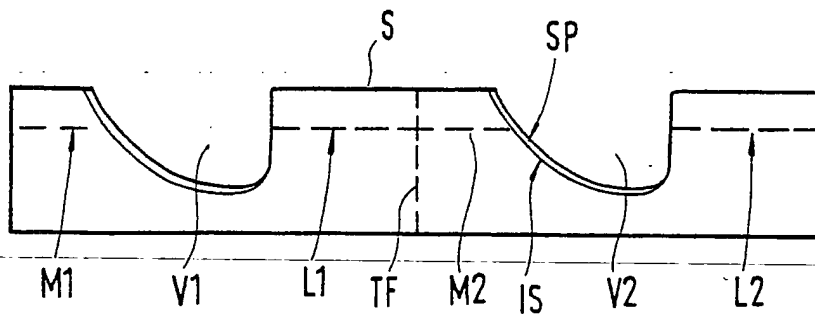


FIG. 5

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19) [logo] Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

[barcode]

(11) Publication No. EP 0 423 513 A2

(12) EUROPEAN PATENT APPLICATION

(21) Filing number: 90118431.7

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: H01S 3/085, H01S 3/025

(22) Filing date: 09/26/90

(30) Priority data: 10/18/90 DE 3934748

(70) Applicant: Standard Elektrik Lorenz  
AG

(84) Designated Contracting States:  
DE FR GB IT

Lorenzstrasse 10  
W-7000 Stuttgart 40(DE)  
DE  
Applicant: Alcatel N.V.  
Stravinskylaan 341 (World Trade Center)  
NL-1077 XX Amsterdam(NL)  
FR GB IT

(72) Inventor: Dütting, Kaspar  
Mähdachstrasse 38  
W-7000 Stuttgart 31(DE)  
Inventor: Wünstel, Klaus, DR.  
Stiegelstrasse 18  
W-7141 Schwieberdingen(DE)

(74) Agent(s): Pechhold, Eberhard, Dipl.-  
Phys. et al  
Standard Elektrik Lorenz AG Patent- und  
Lizenzwesen Postfach 30 09 29  
W-7000 Stuttgart 30 (DE)

(54) Laser wafer and method for its fabrication.

(57) A laser wafer contains a facet (F) integrated into the wafer and positioned across from the laser system (AF, AZ) that serves as a concave mirror for focusing the diverging light emerging from the laser system. The facet (F) is fabricated by etching out a cavity (V) in the semiconductor substrate (S) using a dry-etching process. A two-dimensional curvature of the cavity wall across from the laser system and constituting the facet is achieved in that the curvature in one dimension is presented by the shape of the cutout bordering the cavity in one of the photo-enameling masks shielding the substrate surface and in the other dimension by oblique ion incidence during dry etching.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5

**LASER WAFER AND METHOD FOR ITS FABRICATION**

The invention relates to a laser wafer according to the introductory clause of Patent Claim 1 as well as a method for its fabrication.

10 From a paper by Z.L. Liao and J.N. Walpole in Appl. Phys. Lett. 46(2), 15 Jan. 1985, a laser wafer of this type is known in the art.

In this laser wafer, the cavity in the semiconductor laminate that is to make possible the orthogonal emission of light is produced by the stepwise etching out of semiconductor material. It has the form of a trench whose wall across from the laser system is curved in a plane orthogonal to the longitudinal direction of the trench but runs  
15 straight along the longitudinal direction of the trench. This one-dimensionally curved wall is not able to focus laser light diverging along the longitudinal direction of the trench. In order to be able to focus of laser light emerging orthogonal to the surface of the semiconductor laminate onto a narrowly restricted region, e.g. the entrance surface of an  
20 optical fiber, an additional optical component is then required, which must be especially fabricated and connected to the laser wafer with precise adjustment.

The invention is based on the task of making available a laser wafer of the type mentioned above that has all the necessary means for beam focusing integrated into it.

25 Such a laser wafer is described by the characteristics of Patent Claim 1 and a method for its fabrication by the characteristics of Patent Claim 2.

With the two-dimensionally curved, facet-like wall of the cavity across from the laser system, the initially diverging laser light emerging from the laser system is not only redirected into the direction orthogonal to the lamination planes of the semiconductor laminate but is also focused concentrically to the central beam axis so that all of the  
30 laser light redirected by the facet surface is distributed within a narrowly restricted focal spot of a focal plane parallel to the semiconductor surface or else emerges from the cavity produced in the semiconductor as essentially parallel light rays.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

The method described in Patent Claim 2 allows the fabrication of the facets in a way that is quite simple in comparison to the stepwise etching method used in the state of the art.

Whereas, with stepwise etching, the etching steps must be followed by heating phases in which the steps produced by the etching are deformed by material migration, the facets can be worked out in a single operation with the dry-etching process used in Patent Claim 2. Finally, vapor-plating, as is, e.g., required in the embodiments described in Subclaims 3, 4 and 7, can be carried out in the same dry-etching enclosure or enclosure in which the dry etching takes place.

Modifications of the laser wafer according to the invention are presented in Subclaims 3 through 6.

By mirroring the facets (subject of Claim 3), as complete a reflection as possible of the generated laser light in the direction orthogonal to the lamination plane of the semiconductor is achieved.

If a monitor diode (Claim 3) is produced in the laminate on the side of the cavity opposite from the laser system, which can occur simultaneously with the fabrication of the laser system, the mirroring of the facet must allow a portion of the laser light to pass through, which can be achieved by an appropriately thin mirroring, e.g., with a gold layer. In addition, before the mirroring, the facet surface must be insulated, e.g., with a  $\text{SiO}_2$  layer, from the metallic reflecting layer in order to avoid a short-circuit of the active layers of the monitor diodes by the electrically conductive mirroring.

Claims 5 and 6 are concerned with the curvature of the facet surfaces, which can be formed according to Claim 5 as part of a paraboloid surface, according to Claim 6 as part of an ellipsoid surface. If the facet surface is positioned in such a way that the emission surface of the laser system lies approximately in the focal point of the paraboloid or one of the focal points of the ellipsoid, then the laser wafer would emit approximately parallel directed light for parabolic facet surfaces and light converging onto a focal point for elliptic facet surfaces.

Claim 7, finally, describes the method according to Claim 2 for the case that, according to Claim 4, monitor diodes are present.

An embodiment of the laser wafer according to the invention as well as a method for its fabrication will now be shown in the following with the aid of 5 figures.

In these are shown:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 1a and b: a laser wafer according to the state of the art,

Fig. 2: the principle of the laser wafer according to the invention,

Fig. 3: a semiconductor wafer with photo-enameling mask before dry etching,

Fig. 4: a diagram of the dry-etching process,

Fig. 5: section through a wafer with laser system according to the invention and integrated monitor diode,

In Fig. 1a, a sectional drawing of a laser wafer according to the state of the art is represented. In a semiconductor laminate (substrate S), in which a laser system (L) is created in the region of the separation surface of p-type semiconductor material (p) and n-type semiconductor material (n), a cavity (V) is etched whose wall on the laser side is formed essentially vertical and whose wall opposite from the laser system curves concave outward from the laser system and acts as a concave mirror (SP) that deflects the diverging light beam emerging from the laser through  $90^\circ$  and focuses it on to a focal point (B).

In Fig. 1b, which shows the substrate in relief, it can be seen that the curvature of the wall of the cavity across from the laser system exists in only one dimension so that the focal point (B) represented in Fig. 1a, which appears in a plane orthogonal to the longitudinal axis of the cavity, upon changing to a relief view, is transformed into a focal line (BL), whereby a focusing of the laser light in a plane parallel to the longitudinal axis of the cavity does not occur.

For the laser wafer according to the invention, whose principle is presented in Fig. 2, a two-dimensional curved facet (F) in the wall of the cavity across from a laser system is located across from each light-emission surface (AF) of the laser system created in active zones (AZ) of the substrate (S). The divergent laser light emitted from the laser system is focused by the surface of the facet (F) onto a focal point (P). The focal area through which all of the light reflected by the surface of the facet passes in the region of the focal point (P) is, under favorable conditions, so small that a virtually loss-free coupling of the laser light into an optical fiber is possible without additional optical components. For this, the facet surface must be part of an ellipsoid surface in one of whose focal points the emission surface of the laser is located. If, instead of an ellipsoid surface, a paraboloid surface is created, then the laser light would emerge from the cavity (V) as essentially parallel.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



In order to fabricate a laser wafer according to the invention, a substrate (S), created using known methods, with laser systems laid down in active zones (AZ) is laminated with photo-enameling and is exposed with appropriate enameling masks in such a way that the structure represented in Fig. 3 arises. In the photo-enameling fields (PH) masking the individual laser domains, cutouts (FA) are provided that determine the curvature of the facets, which are etched out later, in planes parallel to the longitudinal axes of the cavities between the laser domains.

To etch the cavities including the facets, the substrate (S) provided with the photo-enameling masks is exposed in a reaction chamber to an ion beam, which comes from a source (Q) (Fig. 4) and strikes the substrate surface at variable angles of incidence. The substrate, as presented in Fig. 4, is arranged so it can turn, e.g., around the normal (X) to the surface and swivel on a horizontal axis (Y). The intensity and configuration of the ion beam as well as the exposure time of the substrate in positions appropriate for producing a desired facet curvature are likewise variable during the dry-etching process.

The mirroring of the facet surface is carried out upon completion of the etching, e.g., in the same reaction chamber. If an insulation layer underlying the mirroring is necessary in order to avoid a short-circuit of one of the monitor diodes located across from the laser system due to the metallic layer of the mirror, the insulation layer (e.g.,  $\text{SiO}_2$ ) can be applied in the same reaction vessel.

In Fig. 5, a section through a substrate (S) perpendicular to the longitudinal direction of the cavities (V1, V2) is represented. Two laser systems (L1, L2) with opposing monitor diodes (M1, M2) each emit their light in the direction of the walls of the provided cavities formed as facets. The two-dimensionally curved facet surfaces have a semitransparent mirror layer (SP) underlaid with an insulation layer (IS). After fabrication of the laser wafers, the substrate (S) is split along the separation surfaces (TF).

#### Claims

1. Laser wafer with at least one laser system embedded in a semiconductor laminate and emitting beams parallel to the laminations each with a cavity etched into the laminate and located in the laser path whose wall lying on the side of the laser system is primarily flat and oriented orthogonal to the laser

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

beam and whose wall located across from the laser system is curved concave away from the laser and is inclined relative to the laser beam direction in such a way that the part of the laser light reflected by the surface of the wall emerges from the cavity on average orthogonal to the laminations, characterized in that the wall of the cavity (V) located across from the laser system (L, L1, L2) is curved two-dimensionally and forms at least one facet (F) that works as a concave mirror and as such focuses the laser beam.

2. Method for fabrication of the laser wafer according to Claim 1, characterized in that, after construction of the semiconductor laminate (substrate S) with the laser systems (L1, L2) embedded in them, a photo-enameling mask (PH) is created on the surface of the laminate using known methods whereby, at the locations where cavities (V1, V2) are to be etched into the laminate, the mask has cutouts (FA) whose edge away from the laser is curved concave away from the laser along the surface of the laminate in accordance with the curvature of the facet (F) to be created in each cavity so that the laminate is dry-etched under oblique ion incidence in the region of the cavity to be produced whereby the angle of incidence of the ion beam is varied in two mutually orthogonal planes during the dry-etching in such a way that, in the region of the cutouts (FA) of the photo-enameling masks, the desired two-dimensionally curved facet surfaces are formed.
3. Laser wafer according to Claim 1, characterized in that the surface (SP) of the facet located across from the laser system (L2) is mirrored.
4. Laser wafer according to Claim 2, characterized in that a monitor diode (M2) is formed in the laminate (substrate S) on the side of the cavity (V2) opposite from the laser system (L2) and that the mirroring (SP) applied to the facet located across from the laser system is partially transparent and is electrically separated from the monitor diode (M2) system by an underlaid insulation layer (IS) or is itself an insulator.
5. Laser wafer according to Claim 1, 3 or 4, characterized in that the facet located across from the laser system is part of the surface of a paraboloid in whose focal point the emission surface (AF) of the laser system is located.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6. Laser wafer according to Claim 1, 3 or 4, characterized in that the facet located across from the laser system is part of the surface of a key ellipsoid in one of whose focal point the emission surface (AF) of the laser system is located.
7. Method according to Claim 2, characterized in that, during the construction of the semiconductor laminate (substrate S) with the laser systems (L1, L2) embedded therein, monitor diodes (M1, M2) are produced that lie across from the laser systems and have the surface of a concave mirror and that, in order to produce a partial reflection, before the application of a semitransparent layer, an electrically insulating layer (IS) is applied if the semitransparent layer is not itself insulating.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\*\*\*\*\*  
\*\*\* ACTIVITY REPORT \*\*\*  
\*\*\*\*\*

TRANSMISSION OK

TX/RX NO.	3568
CONNECTION TEL	011498923994465
CONNECTION ID	
START TIME	06/27 12:39
USAGE TIME	14'05
PAGES	43
RESULT	OK

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**